

Japanese Patent Laid-open No. HEI 10-3109 A

Publication date : January 6, 1998

Applicant : ASAHI KOYO KK

Title : DEVICE AND METHOD FOR AERIAL WIRE PHOTOGRAPHING

(57)

[Problems to be solved] To automatically track an aerial wire and photograph the same.

[Solution] In a low-speed flight state, the measured distance and direction of a laser scanner 22 is made to correspond to the focus and shooting direction of a camera 10 through manual adjustments. While flying in the same manner as the time of photographing in accordance with the calibration data, the focus and shooting direction of the camera 10 are automatically controlled based on the measurement value of the laser scanner 22, and finely adjusted to correct the calibration data. An image processor 20 calculates the position and direction (inclination) of the aerial wire within a shooting screen from the photographed image. Upon photographing, the focus and shooting direction of the camera 10 are automatically controlled in accordance with the measurement value of the laser scanner 22. After that, while the focus of the camera 10 is automatically controlled based on the measured distance by the laser scanner 22, the angle of a camera stand 12 is automatically controlled based on the calculation result by the image processor 20 so that the aerial wire is horizontally positioned almost at the center of the shooting screen.

[Claim 1] An aerial wire photographing device photographing an aerial wire, comprising: an imaging unit that converts an optical image to electrical signals; a shooting angle changing unit that changes a shooting angle of the imaging unit; a distance/direction measuring unit that measures a distance and direction of an object to be photographed to the aerial wire; a storage unit that stores distance calibration data indicating a correspondence between a distance value measured by the distance/direction measuring unit and a focus value of the imaging unit, and direction calibration data indicating a correspondence between the distance measured by the distance/direction measuring unit and a shooting direction of the shooting angle changing unit; a focus controller that automatically controls the focus of the imaging unit by calibrating the distance value measured by the distance/direction measuring unit in accordance with the distance calibration data; a shooting direction controller that controls the shooting angle changing unit by calibrating the direction measured by the distance/direction measuring unit in accordance with the direction calibration data, and accordingly automatically adjusts the imaging unit to a direction for photographing the aerial wire; an image processor that extracts an aerial wire image from a photographed image obtained by the imaging unit, and calculates a position and inclination within a shooting screen; and an angle controller that controls the shooting angle controller in accordance with a result of the calculation by the image processor so that the aerial wire of the object to be photographed is positioned at a predetermined

location within the shooting screen of the imaging unit.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-3109

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月6日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 B 15/00			G 0 3 B 15/00	P
H 0 2 G 1/02	3 2 3		H 0 2 G 1/02	3 2 3 L
H 0 4 N 5/232			H 0 4 N 5/232	C
// G 0 6 T 1/00			G 0 6 F 15/62	3 8 0

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平8-153547

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月14日

(71) 出願人 000213909

朝日航洋株式会社

東京都豊島区東池袋3丁目1番1号

(72) 発明者 井上 徹

東京都豊島区東池袋3丁目1番1号朝日航

洋株式会社内

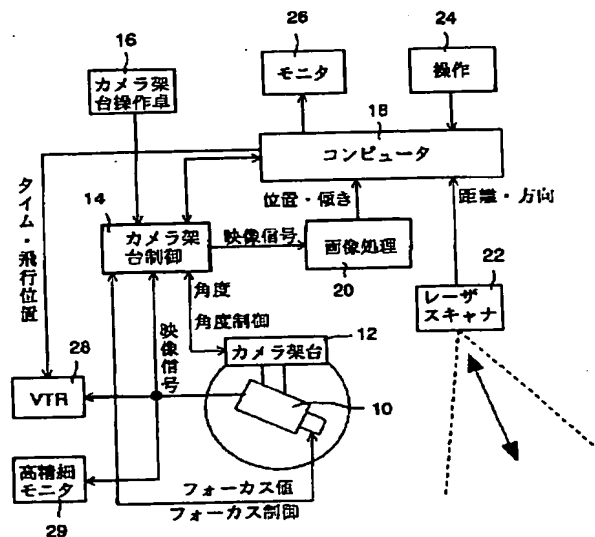
(74) 代理人 弁理士 田中 常雄

(54) 【発明の名称】 架空線撮影装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 架空線を自動追尾して撮影する。

【解決手段】 低速飛行状態で、レーザ・スキャナ22による測定距離及び方向とカメラ10のフォーカス及び撮影方向を手動調整で対応させる。その校正データの下で撮影時と同様に飛行しながら、レーザ・スキャナ22の計測値によりカメラ10のフォーカスと撮影方向を自動制御し、フォーカスと撮影方向を微調整して校正データを補正する。画像処理装置20は、撮影画像から撮影画面内での架空線の位置及び方向(傾き)を算出する。撮影に際して、レーザ・スキャナ22の計測値によりカメラ10のフォーカスと撮影方向を自動制御する。その後は、レーザ・スキャナ22の計測距離によりカメラ10のフォーカスを自動制御しながら、画像処理装置20の計算結果により、撮影画面内で架空線がほぼ中央で水平に位置するようにカメラ架台12の角度を自動制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 架空線を撮影する架空線撮影装置であつて、

光学像を電気信号に変換する撮像手段と、

当該撮像手段の撮影角度を変更する撮影角度変更手段と、

撮影対象の架空線までの距離及び方向を計測する距離・方向計測手段と、

当該距離・方向計測手段により計測される距離値と当該撮像手段のフォーカス値との対応を示す距離校正データ、及び、当該距離・方向計測手段により計測される方向と当該撮影角度変更手段による撮影方向との対応を示す方向校正データを記憶する記憶手段と、

当該距離・方向計測手段により計測された距離値を当該距離校正データにより校正して当該撮像手段のフォーカスを自動制御するフォーカス制御手段と、

当該距離・方向計測手段により計測された方向を当該方向校正データにより校正して当該撮影角度変更手段を制御し、もって当該撮像手段を当該架空線を撮影する方向に自動調整する撮影方向制御手段と、

当該撮像手段による撮影画像から架空線画像を抽出し、撮影画面内での位置及び傾きを算出する画像処理手段と、

当該画像処理手段の算出結果に従い、撮影対象の架空線が当該撮像手段の撮影画面内の所定位置に位置するように当該撮影角度変更手段を制御する角度制御手段とからなることを特徴とする架空線撮影装置。

【請求項2】 当該距離・方向計測手段は、予め設定された距離範囲内で最も近い距離の計測値を出力する請求項1に記載の架空線撮影装置。

【請求項3】 当該距離・方向計測手段は、所定角度範囲内でレーザ・パルス光を出力し、反射角度及び戻り時間により距離及び方向を計測するレーザ計測手段である請求項1又は2に記載の架空線撮影装置。

【請求項4】 当該距離・方向計測手段による架空線の正常認識に応じて、当該角度制御手段を起動する制御手段を具備する請求項1乃至3の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項5】 当該画像処理手段は、当該撮像手段による撮影画像から所定方向の複数のラインを抽出し、各ラインから架空線の中心座標を算出し、得られた複数の中心座標データから直線回帰式を算出する請求項1乃至4の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項6】 当該画像処理手段は、更に、当該架空線の複数の中心座標データの相関係数から架空線認識の成功/失敗を判定する請求項1乃至5の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項7】 更に、当該撮像手段による撮影画像を記録媒体に記録する記録手段を具備する請求項1乃至6の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項8】 更に、当該撮像手段による撮影画像を映像表示する映像表示手段を具備する請求項1乃至7の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項9】 更に、当該撮影角度変更手段及び当該撮像手段のフォーカスを手動操作する操作手段を具備する請求項1乃至9の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項10】 飛行体に搭載される請求項1乃至9の何れか1項に記載の架空線撮影装置。

【請求項11】 架空線を撮影する架空線撮影方法であつて、

撮影対象の架空線までの距離及び方向を計測する距離・方向計測手段により計測される距離と光学像を電気信号に変換する撮像手段のフォーカス値との対応、及び、当該距離・方向計測手段により計測される方向と当該撮像手段の撮影方向との対応を示す校正データを予め計測する校正ステップと、

当該距離・方向計測手段により計測された距離値及び方向値を当該校正データにより校正して、当該撮像手段のフォーカス及び撮影方向を自動制御するサーチ・ステップと、

当該サーチ・ステップにより撮影対象の架空線を当該撮像手段の撮影視野に入れた後、当該距離・方向計測手段により計測された距離値により当該撮像手段のフォーカスを自動制御しながら、当該撮像手段の撮影画像から当該架空線の撮影画面内での位置を算出し、当該架空線が当該撮影画面内の所定位置に位置するように当該撮像手段の撮影方向及び角度を制御するトラッキング・ステップとからなり、当該トラッキング・ステップにおいて当該架空線を当該撮像手段の撮影視野内から見失うと、当該サーチ・ステップを戻ることとする架空線撮影方法。

【請求項12】 当該校正ステップは、当該距離・方向計測手段による当該架空線の正常認識状態で撮像手段のフォーカス及び撮影方向を手動調整する手動校正ステップと、当該手動校正ステップによる校正データ及び前回の撮影時の校正データの何れかを使用して、当該距離・方向計測手段の計測値により当該撮像手段のフォーカス及び撮影方向を自動調整し、その後、当該撮像手段の撮影画像の画像処理によりフォーカス及び撮影方向を自動調整して、利用した校正データを補正する自動校正ステップとを具備し、

当該自動校正ステップは、当該手動校正ステップによる校正データ及び前回の撮影時の校正データの何れかを使用して、当該距離・方向計測手段の計測値により当該撮像手段のフォーカス及び撮影方向を自動調整する準備ステップと、

当該撮像手段の撮影画像の画像処理により当該架空線が撮影画面の中央に位置するように撮影方向を微調整し、その結果の撮影方向とその時点の当該距離・方向計測手段の計測方向との対応により撮影方向に関する校正データ

10

20

30

40

50

タを補正する撮影方向校正値補正ステップと、当該撮影方向校正ステップの後、当該撮像手段のフォーカスを手前側と遠方側に調整して当該撮像手段の撮影画像の画像処理で当該架空線を認識できる限界フォーカス値を検出し、両限界フォーカス値の平均値とその時点の当該距離・方向計測手段の計測距離との対応により、距離に関する校正データを補正する距離校正値補正ステップとからなる請求項11に記載の架空線撮影方法。

【請求項13】 当該撮影方向校正値補正ステップは、当該撮像手段の撮影画像の画像処理により当該架空線が撮影画面の中央に位置するように撮影方向を微調整した後の撮影方向とその時点の当該距離・方向計測手段の計測方向との対応を撮影方向に関する校正データとし、当該距離校正補正ステップは、当該両限界フォーカス値の平均値とその時点の当該距離・方向計測手段の計測距離との対応を距離に関する校正データとする請求項12に記載の架空線撮影方法。

【請求項14】 当該手動校正ステップを設置後少なくとも1回実行し、当該自動校正ステップを撮影の都度実行する請求項12又は13に記載の架空線撮影方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、架空線撮影装置及び方法に関し、より具体的には、架空送電線及びその落雷防止用の接地線（グラウンド・ワイヤ）等の架空線を、設置状態又は利用状態で撮影する架空線撮影装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 架空線を検査する方法として、従来、架空線のそばをヘリコプタでごく低速で飛行しながら対象の架空線をビデオ撮影し、地上に戻って再生し、目視検査する方法が採られている。その空中撮影時には、第1に、対象の送電線にきちんとピントを合わせること、第2に、送電線が常にほぼ画面の中央に位置すること、第3に、送電線の細部を再生画面上で確認できるように画像の流れが少ないことといった条件を満たす必要がある。

【0003】 従来例では、これらの条件を満たすために、ヘリコプタに同乗するオペレータがビデオ・カメラを手動操作して、対象物にピントを合わせつつ対象物が画面のほぼ中央に位置するようにしていた。このようなカメラ操作にはかなりの熟練を要していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、ビデオ・カメラを手動操作する方法では、効率が非常に悪いだけでなく、十分な画像情報を得られない。例えば、送電線等の細部（素線切れや、落雷などによる溶接箇所）を確認できるようにするには、撮影倍率を可能な限り上げる必要があるが、撮影倍率を上げれば上げる程、送電線等にピントを合わせ且つこれを画面中央に保持するカメラ操作

が極めて困難になる。これに、ヘリコプタの飛行が加われば、カメラ操作の困難さは倍加し、特にピント調整はほとんど不可能になってしまう。従って、従来例では、ヘリコプタの飛行速度は、せいぜい2～3 km/hであった。

【0005】 また、画像の流れを少なくするには、シャッタ速度を上げることと、ヘリコプタの飛行速度を遅くするか又はホバリングする方法が有効である。しかし、一般的に、飛行速度を遅くしたり、ホバリングすると、1回の飛行で撮影できる送電線長が短くなり、それが費用に跳ね返る。

【0006】 民生用ビデオ・カメラの多くは、オート・フォーカス機能を具備しており、これを利用することにより、少なくともフォーカス調整を自動化できるようにも思えるが、それも、送電線等を画面内の測距エリア（通常は、画面中央の狭い領域）に位置させる必要がある。即ち、送電線等を画面中央に自動的に維持する機能が実用化されない限り、フォーカス調整のみが自動化されていても、利用できない。

【0007】 本発明は、このような問題点を解決し、カメラ操作を極力、自動化した架空線撮影装置及び方法を提示することを目的とする。

【0008】 本発明はまた、より高速の飛行でも対象物を確実に撮影できる架空線撮影装置及び方法を提示することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明では、架空線までの距離及び方向を精密に測定できる距離・方向計測手段の測定値と、撮像手段のフォーカス及び撮像手段の撮影角度を変更する撮影角度変更手段による撮影方向角度とを予め校正しておく。それで得られる校正データにより距離・方向計測手段の計測結果を校正して、撮像手段のフォーカスと撮影方向を自動制御する。これにより、自動的に、架空線を撮像手段の撮影画面内にピントのあった状態で捕えることができる。

【0010】 撮像手段の撮影画像を画像処理して、撮影画面内での架空線の位置を検出し、その結果に基づき、架空線が撮影画面内の所定位置に位置するように撮像手段の撮影方向を制御する。この結果、架空線を撮影画面の所定位置、例えば、中央のほぼ水平位置に位置させることができる。これにより、モニタ画面上又は再生画面上で、架空線を詳細に観察するのが容易になる。

【0011】 距離・方向計測手段を、予め設定された距離範囲内で最も近い距離の計測値を出力するように設定することで、例えば、架空線に類似した線材、又は前後して複数の架空線がある場合に、対象の1つの架空線の距離と方向を適切に計測できる。レーザ計測手段を用いることで、方向と距離を高速且つ高精度に計測できる。

【0012】 距離・方向計測手段による架空線の正常認識に応じて画像処理による撮影方向制御を起動すること

により、例えば、架空線及び撮像手段の視野から全く外れるような事態に、距離・方向計測手段の計測結果による撮影方向制御により、迅速に架空線を撮影視野に入れることができる。

【0013】撮影画像の画像処理として、撮像手段による撮影画像から所定方向の複数のラインを抽出し、各ラインから架空線の中心座標を算出し、得られた複数の中心座標データから直線回帰式を算出することにより、簡単な演算で架空線の位置及び方向（傾き）を計算でき、リアルタイム制御を実現できる。

【0014】架空線の複数の中心座標データの相関係数を使用することで、架空線認識の成功／失敗を容易に判定できる。

【0015】撮影画像を記録媒体に記録する記録手段を設けることで、事後的に架空線を詳細に観察できる。撮影画像を映像表示する映像表示手段を設けることで、撮影しながら架空線を詳細に確認できる。

【0016】撮像手段のフォーカス及び撮影方向を手動操作する操作手段を設けることで、対応データ又は校正データの精度を上げることができ、また、必要に応じて手動調整できる。

【0017】本発明に係る方法では特に、サーチ・ステップで当該距離・方向計測手段により計測された距離値及び方向値に当該校正データを適用して、当該撮像手段のフォーカス及び撮影方向を自動制御することにより、自動的に、架空線をピントの合った状態で撮影視野内にほぼ確実に入れることができる。また、サーチ・ステップの後のトラッキング・ステップで、距離・方向計測手段により計測された距離値により撮像手段のフォーカスを自動制御しながら、撮像手段の撮影画像から架空線の撮影画面内での位置を算出し、架空線が撮影画面内の所定位置に位置するように撮像手段の撮影方向及び角度を制御することにより、架空線が撮影画面内の所定位置

（例えば、画面中央のほぼ水平位置）に位置するようになるので、その場での観察又は、事後の再生画面での観察で、詳細を確認しやすくなる。

【0018】校正ステップで手動校正ステップの他に自動校正ステップを設けることにより、校正データをより精密なものにできる。自動校正ステップを撮影の都度実行することにより、撮影毎の状況の変化に即応した内容に校正データを更新でき、サーチ・ステップの精度がより高くなる。

【0019】自動校正ステップにおいて、先ず、撮影方向に関する校正データを補正し、次に、距離に関する校正データを補正する。このようにすることで、校正データを収集しやすくなり、必要な精度を確保しやすくなる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0021】図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。10は架空線を撮影するビデオ・カメラであり、ヘリコプタによる振動を防止するカメラ架台12に固定されている。カメラ架台制御装置14は、カメラ架台操作卓16及びコンピュータ18からの制御信号に従って、カメラ架台12（即ち、カメラ10）をチルト（上下）方向及びロール方向（カメラ10を正面から見たときの時計方向又は反時計方向の回転）に変更制御する。カメラ架台12の現在のチルト角及びロール角は、カメラ架台制御装置14に常時供給されている。また、ビデオ・カメラ10の撮影レンズは、そのフォーカスを外部制御可能であり、現在のフォーカス値をカメラ架台制御装置14に供給する。カメラ架台制御装置14は、カメラ架台12からの角度データ及びビデオ・カメラ10からのフォーカス・データを、常時又はコンピュータ18からの要求に応じて、コンピュータ18に供給する。

【0022】なお、本実施例では、ビデオ・カメラ10にはハイビジョン・カメラを使用した。カメラ10の撮影レンズは、ズーム・レンズであるが、架空線撮影時には12倍又は24倍に固定して利用される。

【0023】ビデオ・カメラ10の出力映像信号はカメラ架台制御装置14を介して画像処理装置20に印加される。画像処理装置20は、デジタル・シグナル・プロセッサ（DSP）を使用するデジタル演算装置であり、詳細は後述するが、ビデオ・カメラ10の出力映像信号の画像処理により送電線の撮影画面上での位置及び傾きなどを算出してコンピュータ18に供給する。

【0024】22は、照射したレーザ・パルスが対象物に当たって返ってくる方向と時間により、対象物の方向と距離を精密に測定するレーザ・スキャナ（又は、レーザ測距装置）であり、その測定結果はコンピュータ18に供給される。本実施例のレーザ・スキャナ22は、オーストリア国、DR. JOHANNES RIEGL社製造の、MS-Q140である。測定範囲は10～50m、データ・レートは12kHz、スキャンング角度は±30°、スキャン・レートは6Hz（3往復）、ビーム・サイズは3mrad（50mで15cmφ）、インターフェースはECP平行、測定精度は±10cmである。本実施例では、約0.03°毎に距離を測定するように設定した。

【0025】コンピュータ18には他に、種々の指示及びデータを入力するための操作キー24、並びにコンピュータ18の動作状況等を表示するモニタ（液晶表示装置）26が接続されている。コンピュータ18には、自動追尾ソフトウェア等の以下に説明する種々のソフトウェアがインストールされている。

【0026】28は、カメラ10の出力映像信号を記録するビデオ・テープ・レコーダであり、コンピュータ18から供給される測定位置及び時刻の情報も、映像信号

に重畳して又は映像信号とは分離可能に、同時にビデオ・テープに記録する。撮影位置は、例えば、GPS (Global Positioning System) 方式により、容易に高い精度で測定できる。また、29は、カメラ10の出力映像信号を映像表示する高精細モニタである。モニタ29は、カメラ10のフォーカスの手動調整、自動調整結果の確認、及び撮影された架空線の直接観察に利用される。

【0027】図2は、本実施例の主ルーチンのフローチャートを示す。電源投入直後は、カメラ10の向き及びフォーカスを手動操作可能な手動モードになる (S1)。手動モードでは、オペレータは、カメラ台操作卓16の撮影方向操作ジョイスティック及びピント調整用フォーカスつまみを操作して、カメラ10の向きとフォーカスを手動調整できる。

【0028】オペレータが操作キー24の自動追尾開始ボタンをオンにすると (S2)、初期化モードになる

(S3)。初期化モードでは、先ず、カメラ架台12を制御してカメラ10を初期方向 (例えば、機体に対して水平90°方向) に向け、カメラ架台12の角度情報と方向制御を初期化する。次に、必要により、カメラ10のフォーカス値及びカメラ架台12の方向とレーザ・スキャナ22の測定距離及び方向との対応を手動で調べ、校正データとして保存する (手動校正又は粗校正)。本装置をヘリコプタに取り付け直後では、レーザ・スキャナ22の取り付け角度とカメラ架台12のチルト角との関係、及びレーザ・スキャナ22の測定距離とカメラ10のフォーカス値との対応関係を少なくとも1回は確認する必要があるからである。カメラ架台12の向きの初期化又は手動校正の後、以前に得た校正データ又は直前の手動校正により得た校正データを、画像処理装置20を利用して補正する (自動校正又は精密校正)。

【0029】校正データの補正方法を簡単に説明する。レーザ・スキャナ22により測定された角度をR、カメラ架台12のチルト角をC、校正値をDとすると、これらは一般に下記式

$$C = R + D$$

を満たす。前回の校正値Dによりカメラ架台12のチルト角を制御し、そのチルト角での撮影画像を画像処理装置20の画像処理により電線の位置を算出する。架空線の位置を算出する具体的方法は、後述する。撮影画面上での架空線の上下方向の画角をW、撮像面の長さをV、焦点距離をfとしたとき、 $W/2 = \arctan (V / S \cdot f)$  である。

【0030】電線が撮影画面の中心からずれている場合の、校正データの補正量 $\Delta d$ は、

$$\Delta d = P \cdot (W/L)$$

但し、Pは電線の撮影画面中心からのずれの画素数、Lは撮影画面の上下方向 (垂直方向) の画素数である。補

正後の校正データをDn、補正前の校正データをD<sub>o</sub>とすると、

$$D_n = D_o + \Delta d$$

となる。

【0031】レーザ・スキャナ22の測定距離とカメラ10のフォーカス値との関係は次のようになる。先ず、カメラ10から出力されるフォーカス値と距離との関係を地上で正確に測定しておく。フォーカス値から変換した距離値をフォーカス距離と呼ぶ。レーザ・スキャナ22の測定距離をR、フォーカス距離をF、校正値をDとしたとき、

$$F = R + D$$

である。

【0032】前回の校正値Dによりカメラ10のフォーカスを制御する。撮影画像を画像処理装置20により画像処理しながら、フォーカス距離を前方にずらしていき、画像処理装置20の画像処理により電線を認識できなくなった時のレーザ・スキャナ22の測定距離をR1、フォーカス距離を後方にずらしていき、画像処理装置20の画像処理により電線を認識できなくなった時のレーザ・スキャナ22の測定距離をR2とする。補正後の校正Dnは、次式で与えられる。即ち、

$$D_n = F - (R_1 + R_2) / 2$$

校正値の補正は、一般的には、新たな測定結果による置換と、新たな測定結果による旧校正値の修整とがある。實際上、どちらを採用しても細かな差異はいまのところ見当らなかった。補正方法の上述の例では、角度に関しては修整、距離に関しては置換になっている。

【0033】手動校正だけでは、レーザ・スキャナ22の取り付け角度とカメラ架台12のチルト角との関係、及びレーザ・スキャナ22の測定距離とカメラ10のフォーカス値との関係について、人間の視覚に頼った粗い対応しか分らず、精度が悪い。本実施例では、手動校正の結果を自動校正により補正することで、より精密な対応関係を知ることができる。この結果、撮影倍率を上げることができ、尚且つ、より高速にヘリコプタを飛行させることができるようになる。手動校正及び自動校正の詳細は後述する。

【0034】自動校正により補正された精密な校正データが得られると、サーチ・モードになる (S4)。サーチ・モードでは、レーザ・スキャナ22の測定結果によりカメラ10及びカメラ架台12を自動制御する。即ち、スキャン範囲に電線が入ると、コンピュータ18は、レーザ・スキャナ22による測定値 (方向及び距離) に校正データを適用して、カメラ10の方向及びフォーカス値を求め、カメラ架台12のチルト角及びカメラ10のフォーカスを制御する。これにより、カメラ10は撮影対象の架空線にほぼピントを合わせて、且つ、ほぼ画面中央に位置させることができる。

【0035】サーチ・モードで撮影対象を探知できる



と、トラック・モードになる(S5)。トラック・モードでは、画像処理装置20により撮影画面内での電線の位置及び傾きを求め、その結果によりカメラ架台12のチルト角及びロール角を制御して、電線が画面中央でほぼ水平になるようにする。また、カメラ10のフォーカスは、レーザ・スキャナ22の測定距離と補正済の校正データにより自動調整される。映像中の電線の急激な動き、又はフォーカスの不具合によるピンボケ等で電線を認識できなくなった場合等には(S6)、サーチ・モードに戻り、電線を再び探知する(S4)。

【0036】オペレータが操作キー24の自動追尾終了ボタンを押すと(S7)、自動追尾を終了し、手動モードになる(S8)。

【0037】なお、コンピュータ18は自動追尾開始ボタンのオンによりVTR28を記録モードで動作開始させ、自動追尾終了ボタンのオンにより、VTR28の記録動作を停止する。これにより、S2～S7の間のカメラ10の出力映像信号と、撮影位置及び時刻の情報がビデオ・テープに記録される。VTR28の記録開始と終了は、別の操作に連動させても、個別にオペレータが操作するようにしてもよい。

【0038】図2の初期化モード(S3)における手動校正の詳細なフローチャートを図3に示す。

【0039】パイロットは、通常の撮影位置(撮影対象である電線から一定距離離れた位置)でヘリコプタをホバリング又は電線に沿って低速で飛行させる(S11)。そのとき、オペレータは、通常の撮影状態で架空線がカメラ10の撮影画面内にクリアに映るように、カメラ10の撮影方向及びフォーカスを手動調整する(S12)。同時にレーザ・スキャナ22を作動させて対象の架空線を認識していることを確認する(S13)。対象物が映像画面内にクリアに表示されると共に、レーザ・スキャナ22が同じ対象物を測定できている場合に(S14)、操作キー24の手動校正ボタンを押す(S15)。これを数回、繰り返す。この一連の操作により、レーザ・スキャナ22の測定距離とカメラ10のフォーカス値との比較的大雑把な対応関係、及びレーザ・スキャナ22の測定角度とカメラ架台12の方向との比較的大雑把な対応関係を示すデータ(校正データ)を収集できる。得られた校正データ(数回繰り返した場合には、得られたデータの平均値)は、コンピュータ18のメモリ(ハードディスクなど)に保存される(S16)。

【0040】図2の初期化モード(S3)における自動校正の詳細なフローチャートを図4及び図5に示す。自動校正は、直前の手動校正による校正データ又は前回の撮影時の自動校正により補正された校正データを初期データとして、より正確な校正データを生成するプロセスである。また、図6は、カメラ10の撮影方向とフォーカス、レーザ・スキャナ22のスキャン範囲、及び撮影

対象の電線の関係を示す図である。図6では、電線30が紙面に垂直に延びており、ヘリコプタは、電線30に沿って紙面に垂直な方向に、極力、電線30との距離を一定に保って飛行することになる。パイロットは、通常の撮影位置及び速度で飛行し(S21)、レーザ・スキャナ22を動作させて撮影対象の電線を認識させる。初期校正データとレーザ・スキャナ22の測定値に従い、カメラ10のフォーカスとカメラ架台12の方向を自動制御する(S22、S23)。これにより、撮影対象の電線が、ほぼピントが合った状態でカメラ10の撮影画面のほぼ中央に位置するはずである。

【0041】画像処理装置20により撮影対象の電線を認識する(S25、S26)。画像処理装置20による電線認識プロセスの詳細は、後述する。撮影対象の電線がカメラ10の撮影画面内に入っていない場合、即ち、画像処理装置20により電線を認識できないときには(S26)、オペレータは、補助的に、カメラ架台操作卓16のチルト微調整機構を操作してカメラ架台12のチルト角度を微調整して、撮影対象の電線がカメラ10の撮影画面に入るようにする(S27)。

【0042】画像処理装置20により電線が認識されると(S26)、カメラ架台12のチルト角度制御を、レーザ・スキャナ22の測定値による制御から画像処理装置20の電線認識結果による制御に移行する。即ち、画像処理装置20の処理結果に従って、電線がカメラ10の撮影画面の中央に位置するようにカメラ架台12のチルト角を制御する(S28～S33)。

【0043】まず、平均化処理のためのデータ処理数とカウンタを設定する(S28)。データ処理数は、予め設定しておいてもよいことは明らかである。レーザ・スキャナ22が電線を認識できていること(S29)及び画像処理装置20が電線を認識できていること(S30)を確認した上で、カメラ架台12のチルト角を読み込み(S31)、画像処理装置20による電線認識結果に応じて、電線が画面中央に位置するようにカメラ架台12のチルト角を制御し(S32)、制御後のカメラ架台12のチルト角とレーザ・スキャナ22の測定方向との対応関係を記憶する。

【0044】S28で設定されるデータ処理数の回数だけ、S29～S32を繰り返した後(S33)、収録したデータを平均化する(S34)。平均値により初期データを補正する(S35)。又は、S34で得られた対応データをレーザ・スキャナ22の測定方向とカメラ架台12のチルト角との対応を示す校正データとする。

【0045】角度の校正の後に、カメラ10のフォーカスとレーザ・スキャナ22の測定距離との対応を校正する(S36～S48)。具体的には、レーザ・スキャナ22が電線をスキャナ範囲内で認識できていることを確認した上で(S36)、その測定方向をS35で確定した校正データに適用してカメラ架台12のチルト角を制

御する(S37)。これにより、撮影対象の電線がカメラ10の撮影画面のほぼ中央に位置するようになる。

【0046】この段階で、コンピュータ18はカメラ10のフォーカスを微調整してカメラ10のフォーカスを電線の手前側に移動させ(S38)、その操作に連動して画像処理装置20による電線の認識の可否を調べる

(S39)。画像処理装置20による電線の認識の限界点を検出し(S40)、そのときの、カメラ10のフォーカス値を読み込み、一時記憶する(S41)。今度は、カメラ10のフォーカスを遠方側に移動させ(S42)、画像処理装置20による電線の認識の限界点におけるカメラ10のフォーカス値を読み込む(S43、S44、S45)。

【0047】レーザ・スキャナ22が電線を認識できていることを確認した上で(S46)、S41で読み込んだフォーカス値とS45で読み込んだフォーカス値の平均値を算出する(S47)。S46でレーザ・スキャナ46により得られた測定距離と、S47で算出した平均フォーカス値により初期校正データを補正する(S48)。ここでも、S46でレーザ・スキャナ22により得られた測定距離と、S47で算出した平均フォーカス値との対応関係を新たな校正データとしてもよい。

【0048】距離の校正に関して問題となるのが、レーザ・スキャナ22の測距精度と被写界深度の関係である。本実施例では、カメラ10として2/3インチのハイビジョン・カメラを使用し、カメラ10のレンズとして、12倍乃至24倍のズーム・レンズを使用した。実際に撮影できる被写体の大きさDは、カメラ10からの距離をL、カメラ10の焦点距離をf、カメラ10の撮像面の大きさをdとすると、

$$D = d \times L / f$$

の関係にある。焦点距離fは12倍のとき102mm、24倍のとき204mmである。距離Lに対して、撮影範囲と分解能の関係の表を図7に示す。距離100mでは、最大で横幅9.6m、縦幅5.3mの範囲を撮影可能である。

【0049】また、同じく2/3インチのハイビジョン・カメラで、最大ズーム(f=204mm)、絞り開放(F=1.2)、最小錯乱円δ=0.04mm(例えば、10インチ・モニタ)としたときの、距離と被写界深度の関係を図8に示す。

【0050】例えば、送電電圧77kV、270kV及び500kVに対し、グラウンド・ワイヤ径はそれぞれ7.8mm、17.5mm及び17.5mmであり、接近可能距離は15m、30m及び30mである。従って、電線撮影時に最も接近できるのは、送電電圧77kVの場合の15mであり、この距離の被写界深度は図8から52cmである。他方、レーザ・スキャナ22の距離精度は、先に説明したように±10cmである。よって、レーザ・スキャナ22の測定距離データによりカメ

ラ10のフォーカスを制御しても、レーザ・スキャナ22の測定精度が被写界深度内であるので、本実施例では全く問題無い。

【0051】図4及び図5に示す自動校正は自動的に短時間で終了するので、本実施例のように、撮影作業開始前に必ず行なうように設定しておくのが好ましい。フォーカスの手前側移動(S38)と遠方側移動(S42)に関しては、カメラ架台操作卓16に設けられているフォーカス微調整摘みをオペレータに操作させるようにしてもよいが、コンピュータ18による自動調整の方が素速く済むのは勿論である。

【0052】図9は、レーザ・スキャナ22による電線認識のフローチャートである。測定すべき距離範囲を設定し(S51)、スキャン範囲でレーザ・パルスを走査して反射光データの反射時間(即ち、距離)を照射角度に応じた配列に格納する(S52)。その配列データから、S51で設定した距離範囲内で最短になるデータを抽出する(S53)。設定距離範囲内に測定データが存在しなければ(S54)、電線認識に失敗したことになり、異常を返す。

【0053】設定距離内にデータがある場合でも(S54)、直前のデータと余りに異なる距離又は方向であれば、それも異常データであることになる。従って、直前データのある場合で(S55)、直前データの距離値及び方向と比較し(S56)、あまりに違う場合には、異常データであると判断して(S57)、異常を返す。

【0054】直前データが無い場合(S55)、又は、直前データがあっても距離及び方向が共に近似している場合(S57)、最短と認識されたデータの反射時間情報(又は距離情報)と配列番号(又は配列番号から得られる角度情報)を直前データとして記憶し(S58)、設定距離範囲内で最短と判断された距離とその角度を返り値としてリターンする。

【0055】次に、画像処理装置20による電線の認識について詳細に説明する。画像処理装置20は、エッジ検出と2値化処理により電線の外辺のみを抽出し、その画像座標値から最小二乗法により直線回帰式を計算し、図10に示すように、カメラ10の撮影画面中心からのズレ量及び傾きを算出する。同時に、抽出した画像が電線であるかどうかを相関係数により判定する。画像処理装置20には例えば、ディジタル・シグナル・プロセッサ(DSP)を使用する。

【0056】エッジや線の検出には、これまで多くの手法が提案されている。その中で最も基本的な考え方に基づいた手法が、差分オペレータを使った空間微分処理である。一次微分としてRoberts, Prewitt, Sobel、二次微分のLaplacianなどがよく知られている。また、8個の差分型マスクを使用し、その最大出力値からエッジ強度及び方向を得る、Prewitt, Kirsch, Robinsonなどの

オペレータを使ったテンプレート型なども一般的である。

【0057】以下に、Robinsonのオペレータを用いたテンプレート型エッジ抽出手法を簡単に説明する。画像上でのエッジ付近の濃淡パターンを想定した複数のテンプレートを準備し、画像間との相関を計算することによってエッジ要素を検出する方法である。実際には、8方向のエッジに相当する8個の3×3テンプレートを用いることが多い。Robinsonのエッジ検出オペレータ又はテンプレートを、図11に示す。エッジ上10  
 上で暗い部分から明るい部分へ方向(矢印の方向)は、図12に示すように8通りになる。図11の(1)～(8)は、図12の(1)～(8)に示す方向と、それぞれ対応している。

【0058】各テンプレートを対象の画像に適用して局所積和演算を行なう。そして、最大出力が得られたテンプレートの方向をグラジエントの方向とし、そのときの出力値をグラジエントの強度とする。この手法は、方向性を持った多数のテンプレートを用いるので、エッジの方向に関する情報を差分型オペレータよりも正確に抽出20  
 できる。但し、詳細は後述するが、本実施例では、計算をより簡略化するために、2次元処理でなく一次元処理としたので、テンプレートも(-2, 0, 2)又は(-1, 0, 1)の一次元でよい。

【0059】図13は、画像処理装置20の動作フローチャートを示し、図14は、電線認識処理の模式図を示す。カメラ10の出力映像信号は、カメラ架台制御装置14を介して画像処理装置20に印加されており、画像処理装置20は、その入力映像信号(輝度信号のみでよい。)をデジタル信号に変換し、1画面分の画像データを内部の画像メモリに記憶する(S61)。先にコンピュータ18に設定しておいた抽出ステップ数をカウンタにセットする(S62)。抽出ステップ数は、1画面内で抽出する縦ラインの本数を決定する。例えば、図14に例示するように、水平座標でx1, x2, ..., xnのn本の縦ラインが1画面から抽出される。

【0060】縦方向の1ラインの画素データを抽出し(S63)、そのラインのデータに、(-2, 0, 2)のテンプレートを適用して積和演算し、絶対値を計算する(S64)。S64による1ライン分の計算結果からそのラインのデータの平均値と標準偏差を求め(S65)、得られた平均値と標準偏差を使って、S64による1ライン分の計算結果を2値化する(S66)。2値化された1ラインのデータを両外側からサーチして電線の外辺を検出し、2つの外辺位置の中間位置を電線の中心とする(S67)。このようにして、n本の縦ラインについて、電線の中心位置y1～ynを算出できる。

【0061】n本の縦ラインについて電線の中心位置y1～ynを算出し終えると(S68)、得られた座標値(x1, y1)～(xn, yn)から最小二乗法による

一次回帰線

$$y = a + bx$$

の係数a, bと相関係数rを下記式により計算する (S69)。

【0062】

【数1】

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\text{相関係数 } r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

$$\text{但し } S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}$$

【0063】得られた相関係数rにより相関の良否を判定する(S70)。相関が良ければ(S70)、正しく電線を撮影できていることになり、一次回帰線から電線の傾きと中心からのズレ量を算出し(S71)、コンピュータ18にその計算値(ズレ量と傾き)を通知する。相関が悪ければ(S70)、電線の認識を失敗している30  
 ので、ミストラックを示すコードを返り値に代入して(S72)、コンピュータ18に異常終了を通知する。

【0064】本実施例の画像処理装置20では、一次元処理でエッジを検出するので、二次元処理の場合に比べて計算量と時間を大幅に低減できる。これにより、画像処理装置20の電線認識結果によるカメラ架台12の回転制御(チルト方向とロール方向)をリアルタイムで、しかも比較的安価に行なえるようになった。また、各縦ラインでの電線中心位置の相関を調べて、電線認識の成功を確認している30  
 ので、誤った対象物を電線と誤認することがなくなる。背景(一般的には、空又は森林などに)に惑わされにくくなる。

【0065】本実施例によれば、レーザ・スキャナにより電線を認識し、その測定距離及び方向にカメラを自動制御するので、レーザ・スキャナの走査範囲であれば、パイロットが電線に対して概略の位置を飛行させるだけで、確実に迅速に送電線をカメラの撮影範囲内に入れることができる。また、予め、カメラのフォーカス及び撮影方向とレーザ・スキャナの測定距離及び測定方向を校正しておくことにより、実際の撮影に際してカメラのフォーカス及び撮影方向を高い精度で制御できる。この

結果、より高い撮影倍率での撮影を実現できる。

【0066】レーザ・スキャナによる測定距離とカメラのフォーカス値との対応を予め計測しておき、実際の撮影時には、レーザ・スキャナによる測定距離を、その測定データで校正してカメラのフォーカス制御に使用するので、フォーカス制御の精度をより高くすることができ、鮮明な映像を得ることができる。

【0067】また、画像処理により撮影画面内での電線のずれと傾きを算出して、電線が画面中央でほぼ水平に位置するようにカメラのチルト角及びロール角を制御するので、ヘリコプタの飛行位置又は撮影対象の送電線に多少の乱れがあっても、電線が画面中央に傾きの無い状態で位置する安定した画像を得ることができる。

【0068】図1に図示した各装置は、通常、全てがヘリコプタに搭載されるが、その一部、例えば、VTR28などは地上に配備し、無線送信システムを介してカメラ10の映像信号を地上のVTR28に供給するようにしてもよい。各装置の重量と嵩にもよるが、有人ヘリコプタでなく、無人飛行体を利用してもよいことは勿論である。

【0069】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、撮影中でのオペレータの細かい操作が不要になり、より高い撮影倍率及び／又はより高速に、架空線を撮影することができるようになる。

【0070】撮影方向及びフォーカスをリアルタイムに制御するので、架空線へのオート・フォーカスを実現できると共に、架空線を自動追尾できる。オペレータの負担を大幅に軽減し、パイロットのみでの撮影も可能になる。更には、フォーカスと撮影方向の自動制御の結果、高画質の映像を得ることができる。飛行速度の上昇により、安全性が向上し、コストダウンを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 本実施例の主ルーチンのフローチャートであ

る。

【図3】 図2の初期化モード(S3)における手重力校正の詳細なフローチャートである。

【図4】 図2の初期化モード(S3)における自重力校正の詳細なフローチャートの一部である。

【図5】 図2の初期化モード(S3)における自重力校正の詳細なフローチャートの一部である。

【図6】 カメラ10、レーザ・スキャナ22及び主撮影対象の電線の関係を示す図である。

10 【図7】 距離Lに対する撮影範囲と分解能の関係を示す表である。

【図8】 距離と被写界深度の関係の一例である。

【図9】 レーザ・スキャナ22による電線認識のフローチャートである。

【図10】 カメラ10の撮影画面における電線の主撮影例である。

【図11】 Robinsonのエッジ検出オペレータ又はテンプレートである。

20 【図12】 図11に示すテンプレートで検出できるエッジの方向である。

【図13】 画像処理装置20の動作フローチャートである。

【図14】 画像処理装置20における電線認識処理の模式図である。

【符号の説明】

10：ビデオ・カメラ

12：カメラ架台

14：カメラ架台制御装置

16：カメラ架台操作卓

30 18：コンピュータ

20：画像処理装置

22：レーザ・スキャナ

24：操作キー

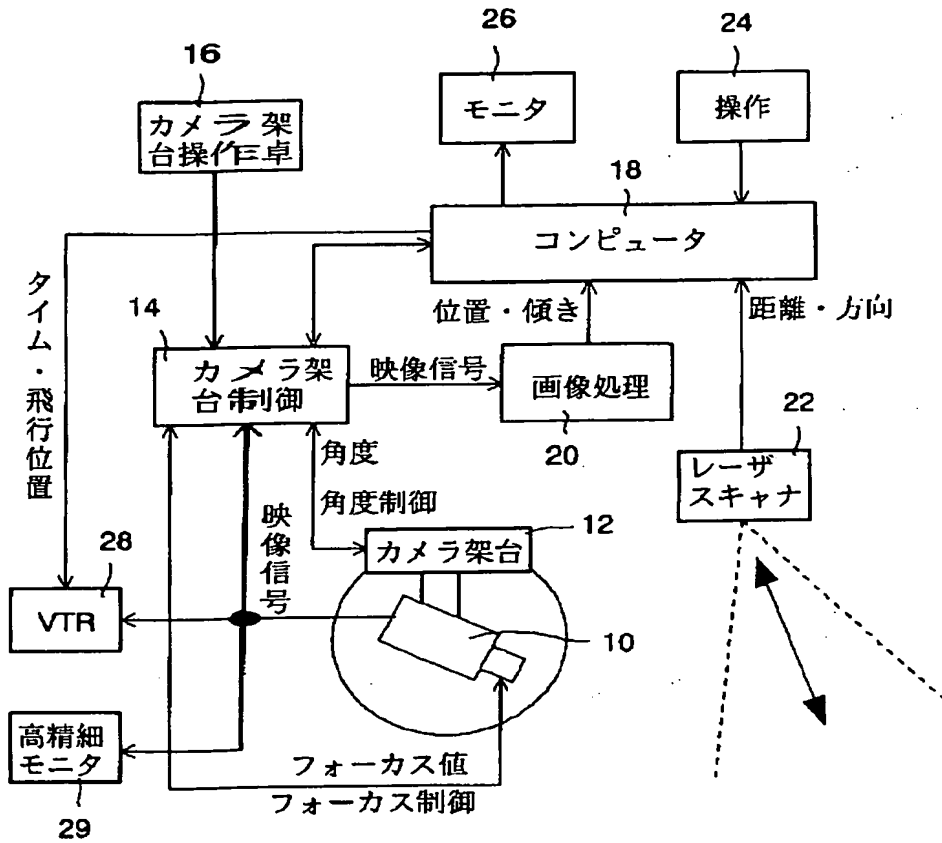
26：モニタ

28：ビデオ・テープ・レコーダ

29：高精細モニタ

30：電線

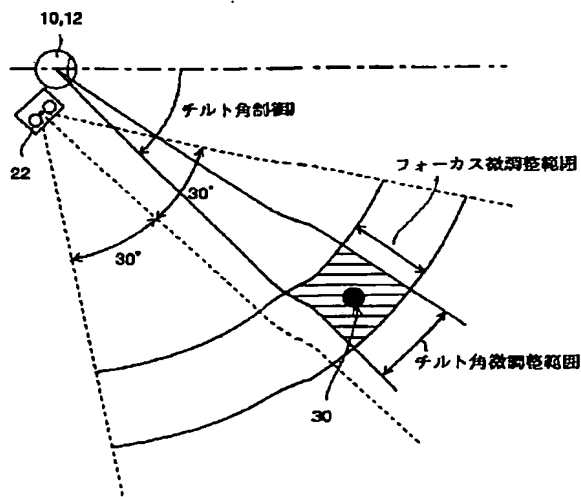
【図1】



【図8】

距離(m) L	被写界深度d(cm)
10	22
15	52
20	92
25	144
30	208
35	283

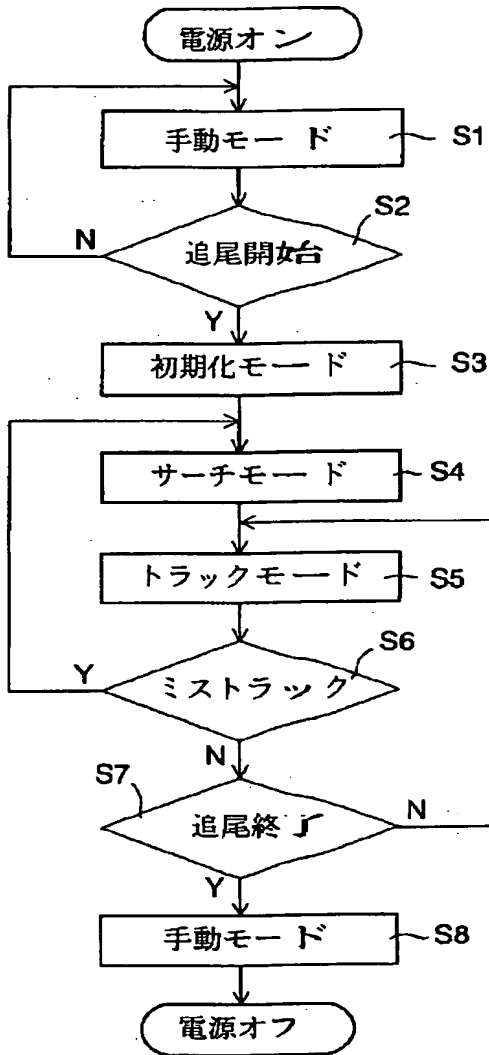
【図6】



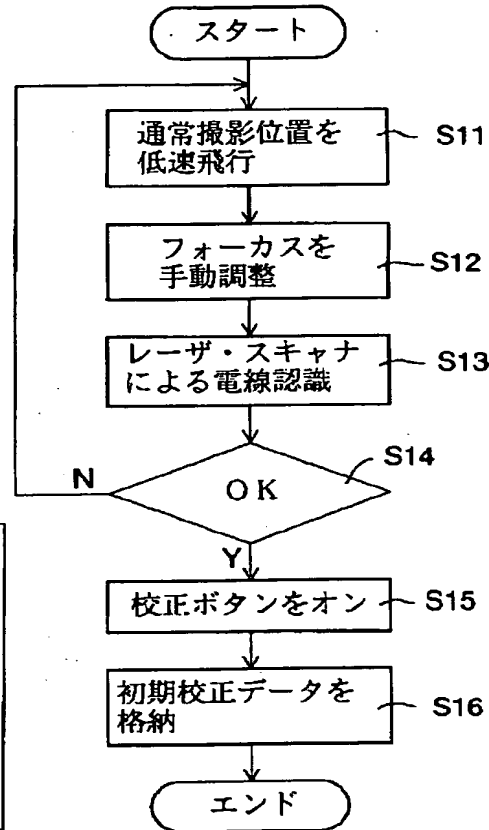
【図7】

距離(m) L	24倍(f=204mm)			12倍(f=102mm)		
	横幅(m)	縦幅(m)	分解能(mm)	横幅(m)	縦幅(m)	分解能(mm)
10	0.5	0.3	0.2	0.9	0.5	0.5
20	0.9	0.5	0.5	1.9	1.1	1.0
40	1.9	1.1	1.0	3.8	2.1	2.0
60	2.8	1.6	1.5	5.6	3.2	2.9
80	3.8	2.1	2.0	7.5	4.2	3.9
100	4.7	2.6	2.5	9.4	5.3	4.9

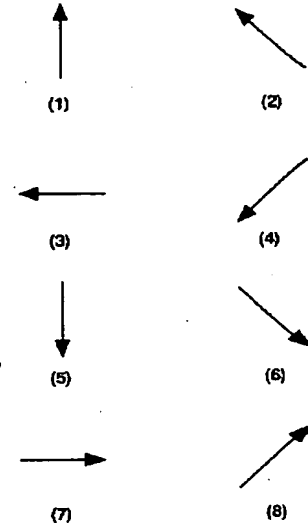
【図2】



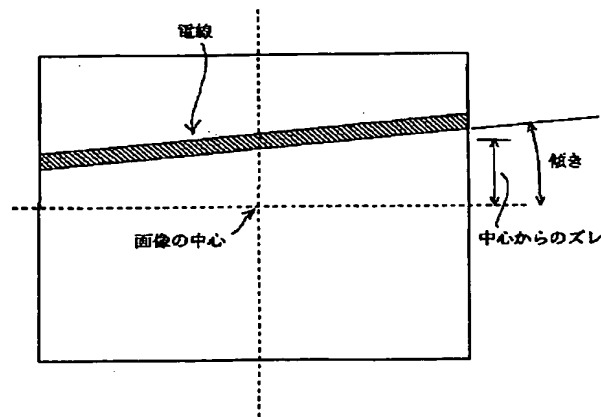
【図3】



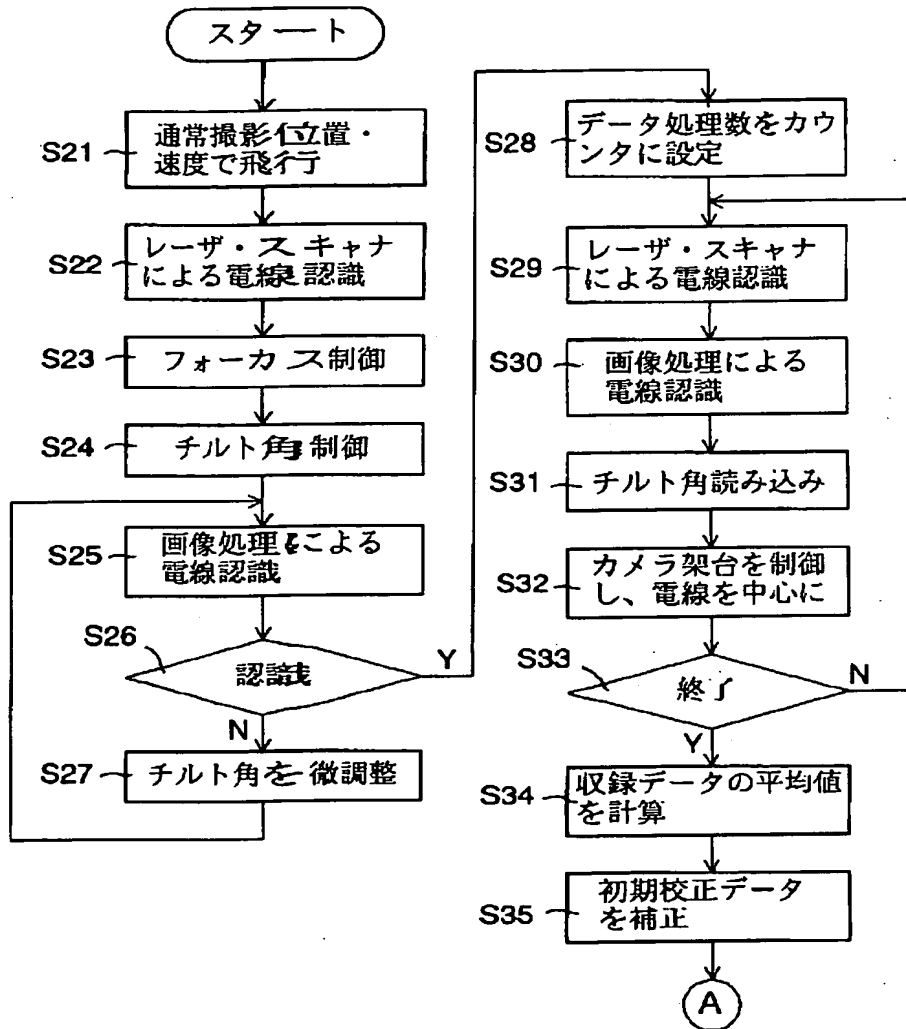
【図12】



【図10】



【図4】



【図11】

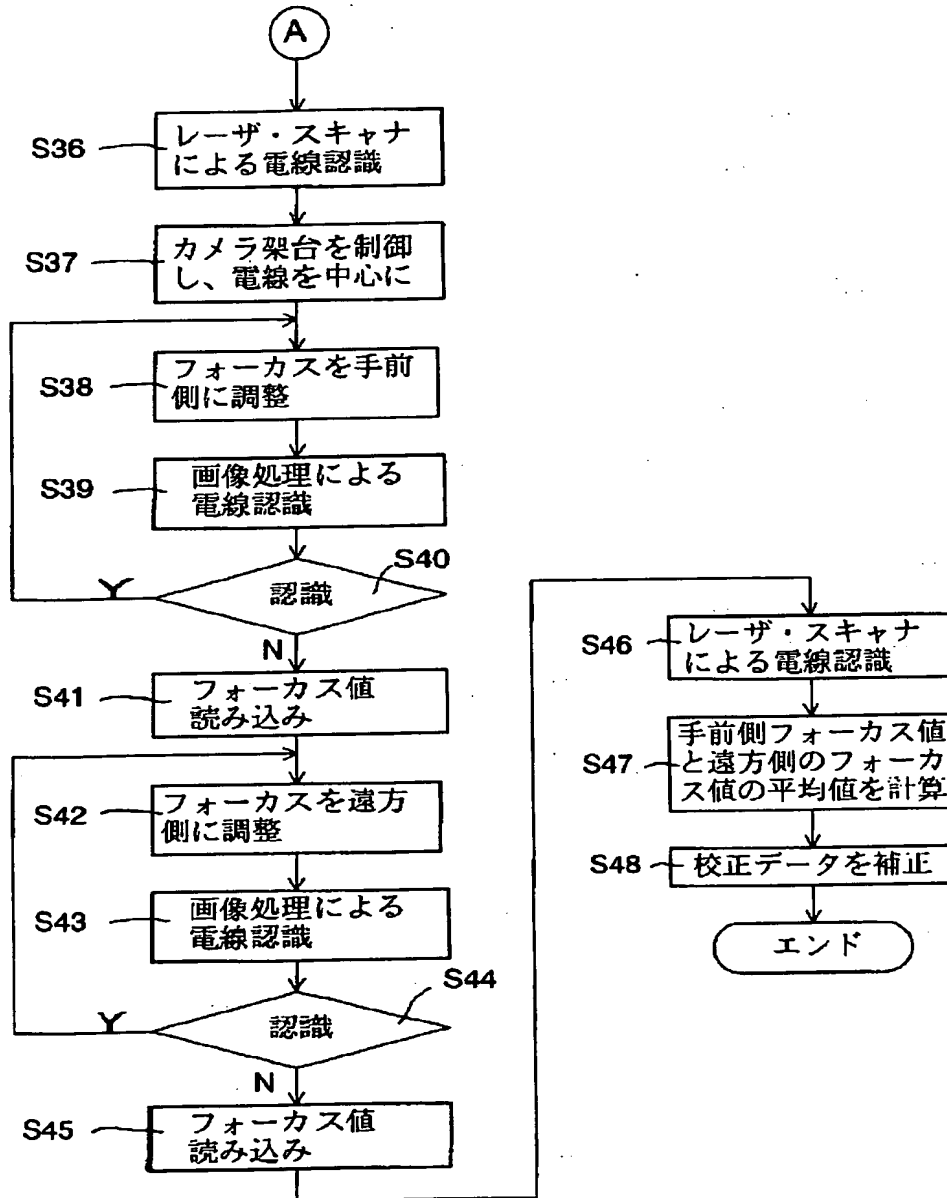
1 2 1	2 1 0
0 0 0	1 0 -1
-1 -2 -1	0 -1 -2
(1)	(2)

1 0 -1	0 -1 -2
2 0 -2	1 0 -1
1 0 -1	2 1 0
(3)	(4)

-1 -2 -1	-2 -1 0
0 0 0	-1 0 1
1 2 1	0 1 2
(5)	(6)

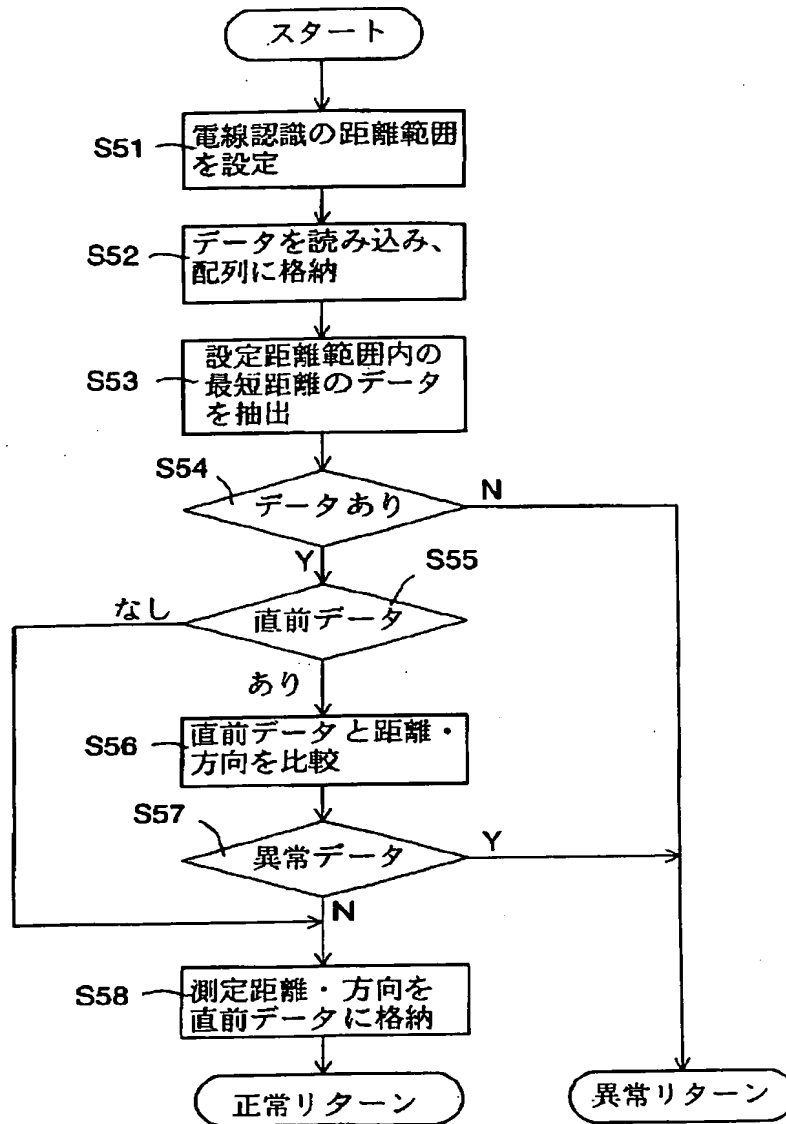
-1 0 1	0 1 2
-2 0 2	-1 0 1
-1 0 1	-2 -1 0
(7)	(8)

【図5】

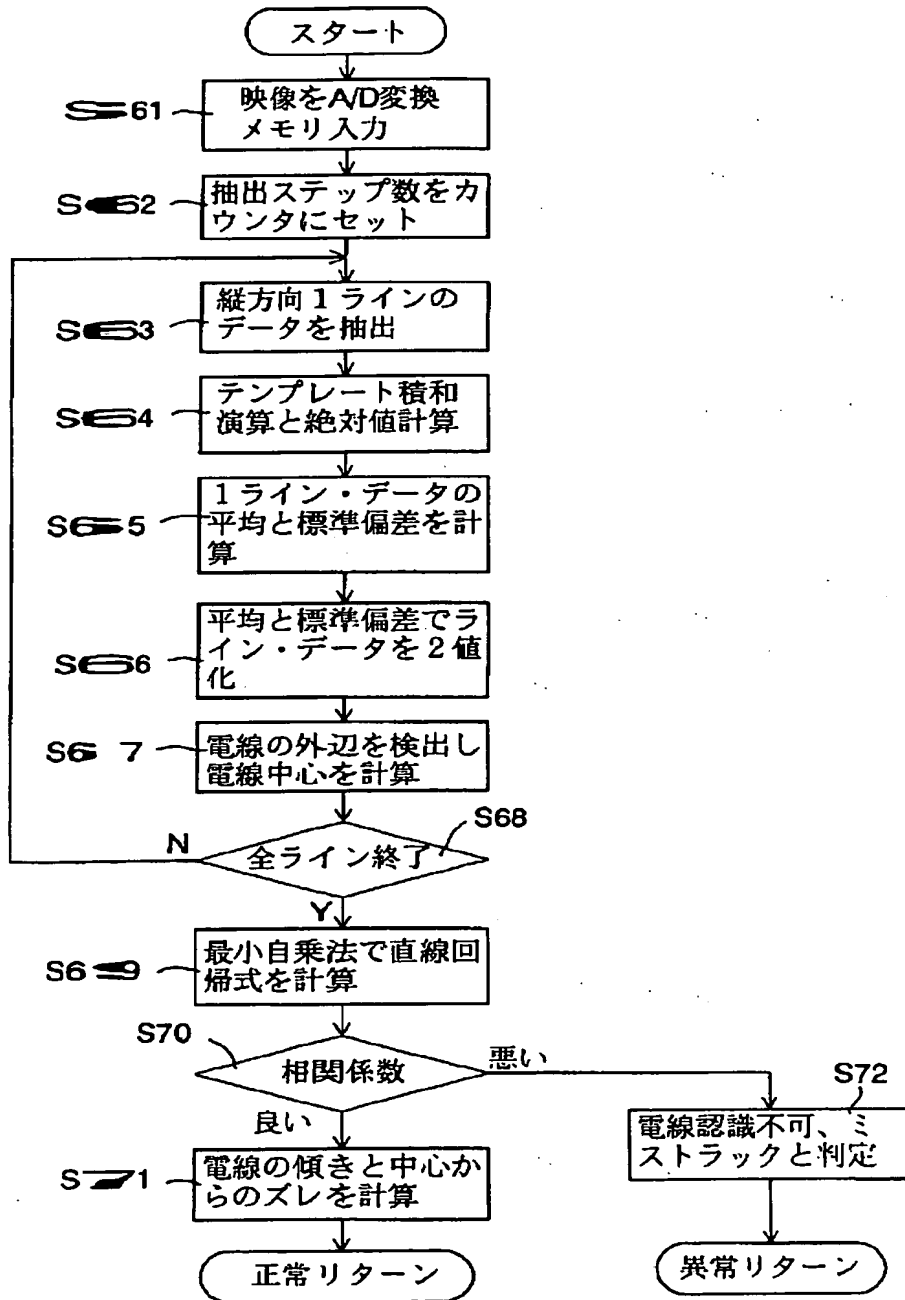




【図9】



【図13】



【図14】

